



Акционерное общество «КОМПОЗИТ»

Пионерская ул., д. 4, г. Королёв, Московская область,
Россия, 141070

Телеграф БЕРЕЗА

тел. (495) 513-20-28, 513-23-29
канцелярия 513-22-56, факс (495) 516-06-17
e-mail: info@kompozit-mv.ru

ОКПО 56897835, ОГРН 1025002043813, ИНН / КПП 5018078448 / 501801001

17.10.2022 исх. № 0110-65

на № _____ от _____

Отзыв

на автореферат диссертации Володько Сергея Сергеевича на тему
«Разработка технологии получения компактных заготовок из порошковых
интерметаллидов TiNi и (Ti,Hf)Ni на основе гидрид но-кальциевого синтеза»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.6.5 – Порошковая металлургия и композиционные
материалы

Интерметаллидные сплавы на основе TiNi обладают повышенными эксплуатационными характеристиками. Они могут использоваться в качестве конструкционных материалов для различных областей техники, характеризующиеся высокими механическими свойствами, а также обладают уникальными функциональными свойствами – эффектом памятью формы и сверхупругостью. Чтобы расширить эксплуатационные возможности TiNi в данный момент активно исследуется влияние легирования в первую очередь на температуры термоупругого превращения мартенситного типа, протекающем при нагреве и охлаждении.

Из известных способов производства бинарных и тройных сплавов TiNi применяется, например, вакуумная дуговая и индукционная плавка. Данные методы имеют ряд недостатков, таких как ликвация элементов в объеме получаемого слитка, что требует исправления литой структуры, а также взаимодействия расплава с кислородом и образованием не только оксидов Ti₄Ni₂O, но и оксидов легирующих элементов.

Перспективной технологией получения интерметаллидных сплавов TiNi и (Ti,Hf)Ni являются методы порошковой металлургии, которая лишена

недостатков литейных технологий. Однако систематические исследования влияния ТМО на структуру, характеристики мартенситных превращений, механические и функциональные свойства гидридно-кальциевого интерметаллида TiNi и $(\text{Ti,Hf})\text{Ni}$ отсутствуют. Это определяет актуальность рецензируемой работы, посвященной разработке технологии получения компактных заготовок из порошковых интерметаллидов TiNi и $(\text{Ti,Hf})\text{Ni}$ на основе гидридно-кальциевого синтеза и влияние ТМО на структуру и свойства данных сплавов.

Среди наиболее значимых научных достижений автора следует назвать возможность синтеза интерметаллида $(\text{Ti,Hf})\text{Ni}$ и сплавов системы Ti-Ni-Hf на его основе с гомогенным фазовым составом в условиях гидридно-кальциевого процесса. Экспериментально показано, что процесс гидридно-кальциевого синтеза $(\text{Ti,Hf})\text{Ni}$ контролируется массопереносом компонентов через жидкую фазу и гетеродиффузией восстановленных металлов (титана и гафния) через межчастичные контакты в твердой фазе с образованием сначала промежуточных соединений бинарных систем Ni-Hf и NiTi , а затем интерметаллида $(\text{Ti,Hf})\text{Ni}$. Расплав кальция выполняет функцию транспортной системы в основном для атомов Ni . Установлено влияние горячей пластической деформации (ротационная ковка, радиально-сдвиговая прокатка и экструзия) на структуру и свойства бинарного порошкового TiNi . Показано, что все схемы пластической деформации приводят к развитию процессов динамической рекристаллизации (измельчению зеренной структуры), повышению плотности заготовок, повышению механических и функциональных свойств относительно исходного спеченного состояния. Впервые экспериментально установлены области температурно-скоростных параметров деформации для сплава $\text{Ti}_{29,7}\text{Ni}_{50,3}\text{Hf}_{20}$ % ат., где наименее вероятно образование различных дефектов структуры.

Положительной оценки заслуживает практическая часть работы, связанная с установлением зависимости от схемы и режимов ТМО возможно получать порошковый бинарный сплав TiNi как с наибольшей величиной сверхупругости, так и с наибольшей величиной одностороннего эффекта памяти формы в сочетании с узким интервалом формовосстановления, а также исследовано деформационное поведение порошкового сплава

$\text{Ti}_{29,7}\text{Ni}_{50,3}\text{Hf}_{20}$ % ат. в условиях горячей деформации методом одноосного сжатия. Построены карты деформации, где показано, что для исследуемого сплава область, где величина диссипации энергии (η -критерий) достигает наибольших значений, лежит в диапазоне температур 850-1000 °С и скоростей деформации от 0,003 до 0,05 с⁻¹. На основе полученных карт предложены возможные схемы и температурно-скоростные параметры термомеханической обработки сплава $\text{Ti}_{29,7}\text{Ni}_{50,3}\text{Hf}_{20}$, обеспечивающие деформируемость материала. На созданную технологию получения заготовок сплава TiNiHf получен патент РФ № 2708487 от 29.05.2019 на изобретение «Способ получения заготовок сплавов TiHfNi ».

Представленные результаты не вызывают сомнения, поскольку теоретические исследования выполнялись с использованием базовых положений и фундаментальных основ современного порошкового материаловедения, а экспериментальные – с применением стандартных и оригинальных методик, современной технологической и аналитической аппаратуры.

Вопросы и замечания:

1. В автореферате на диссертационную работу указано, что при синтезе гидридно-кальциевым методом порошка $(\text{Ti},\text{Hf})\text{Ni}$ в нем присутствует фаза HfC . В дальнейшей работе нигде не указано на его концентрацию, влияние на структуру и свойства.

2. В автореферате говорится о том, что наблюдается неоднородность концентрации Ti и Hf в частицах порошка, что связано со смешиванием шихтовых компонентов. Проводилось ли исследование смешивания и характер распределения элементов на гомогенность элементного состава получаемых порошков?

3. Автор приводит результаты фазового состава компактных образцов после вакуумного спекания, указывая на наличие фазы HfO_x и их объёмная доля составляет не более 1%. Проводилось ли сравнительный анализ на количественное содержание оксидов в материале, полученных по разработанной автором технологии со сплавами полученные по традиционной технологии?

4. На некоторых графиках не указаны погрешности измерений.

Указанные замечания не затрагивают основных положений рецензируемой работы и не сказываются на ее общей положительной оценке. Считаю, что представленная работа содержит научную новизну, практическую ценность и удовлетворяет всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Володько Сергей Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Начальник отделения металлических
материалов и металлургических
технологий
АО «Композит», д.т.н.



А.И. Логачёва

Подпись Логачёвой Аллы Игоревны удостоверяю
Директор по кадрам АО «Композит»



Б.Н. Елаков

Логачёва Алла Игоревна, д.т.н., специальность 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы; начальник отделения металлических материалов и металлургических технологий АО «Композит».
Адрес: 141070, Московская обл., г. Королев, ул. Пионерская, д. 4.
Телефон: 8 (495) 513 21 26
Адрес электронной почты: info@kompozit-mv.ru